引用格式:赵巧芝, 张春雨. 数字邻近度对工业企业创新韧性的赋能效应研究[J]. 技术经济, 2026, 45(2): 76-90.

Zhao Qiaozhi, Zhang Chunyu. Empowering effect research of digital proximity on the innovation resilience of industrial enterprises in China [J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(2): 76-90.

数字邻近度对工业企业创新韧性的赋能效应研究

赵巧芝, 张春雨

(华北电力大学经济管理系, 保定 071003)

摘 要: 提升工业企业创新韧性是高质量发展阶段中国增强创新可持续发展能力的重要课题。以2013—2023年中国A股上市工业企业为样本,基于多维邻近性理论与产品空间理论构建企业数字邻近度指标,采用面板回归模型探究数字邻近度对创新韧性的影响机理与中介效应。研究发现:①数字邻近度对工业企业创新韧性的影响表现为"先下降后上升"的U型曲线,且该曲线拐点位置的数字邻近度水平为0.551,研究结论具有优良的稳健性。②数字邻近度的赋能效应具有明显的异质性。其中,东部与中部企业表现为显著的U型关系,西部企业则表现微弱;国有与非国有企业均表现为U型曲线,且国有企业的拐点位置略高于非国有企业;大型企业的拐点位置略低于中小型企业;高融资约束型企业拐点略低于低融资约束型。企业内部控制质量的调节作用不容忽视。③中介机制表明,企业动态能力的四条中介路径中,信息开放共享和市场需求扩展表现为正向中介机制,生产效能提升与知识溢出表现为负向的中介机制。因此,重视工业企业数字化进程中的数字邻近机制完善,以及数字邻近度通过动态能力提升的正向赋能路径,为增强中国工业企业的技术创新韧性能力提供新动能。研究从理论与实证两个维度,深入探析数字邻近度对工业企业创新韧性的影响机制、调节路径和异质性特征,为政府提升工业企业创新韧性、加速数字化引导政策设计提供参考。

关键词: 数字邻近度; 创新韧性; 赋能效应; 面板回归模型; 动态能力理论

中图分类号: G311 **文献标志码**: A **文章编号**: 1002-980X(2026)02-0076-15

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J25080404

一、引言

党的二十届三中全会提出,健全促进实体经济和数字经济深度融合制度。作为实体经济的核心,工业企业数字化是推进数字经济与实体经济深度融合的关键任务。数字化进程中,数字技术及其产生的大量数据资源,持续激发企业技术创新活动的重塑效应,不仅体现在企业内部的要素禀赋、知识来源、知识加工与知识生产等环节,还体现在工业企业间的研发竞合关系等环节,是影响工业企业技术创新产出与创新韧性水平的重要因素[1-2]。与此同时,中国正处于经济深度转型期,市场需求快速变化、竞争环境日益复杂多变,良好的创新韧性是企业应对外部创新冲击、快速适应新挑战并实现逆势创新成长的关键。因此,工业企业如何在数字化进程中,提升自身创新韧性水平,正成为提升工业部门增强可持续发展能力的重要课题。

邻近性概念源于不同主体间的相似度表征,在组织合作创新、合作联盟、跨区域合作方面占据重要地位[3],是影响创新主体产出与创新变化的关键因素。多维邻近性侧重于从地理空间、社会关系及技术基础等方面表征主体间的相似性程度。创新主体间较高的邻近性,可带来显著的外部效应和集聚效应,进而影响主体间的协同合作与创新交互活动,驱动创新绩效变动[4]。Boschma[5]将多维邻近性分解为地理、制度、社会、认知和组织邻近五个维度。现有研究集中于单一维度邻近性对创新绩效的影响研究[6-7]。其中,地理邻近性方面的成果最为丰富,组织邻近性的创新效应研究开始涌现。当前,个别学者独立评估单一邻近性

收稿日期: 2025-08-04

基金项目: 河北省社会科学基金"数字化驱动制造业高质量发展的机制识别与河北场景研究"(HB23ZT008)

作者简介: 赵巧芝(1979—),博士,华北电力大学经济管理系副教授,研究方向:创新管理、可持续发展建模等;(通信作者)张春雨(2001—),华北电力大学经济管理系硕士研究生,研究方向:企业管理、工业工程。

的创新效应。例如，梁玲玲和路玉莹[8]基于多维邻近性理论，从认知、技术和关系邻近性三个方面考察各自对技术创新绩效的影响机理。张宁宁等[9]从社会、认知、制度和地理四种邻近性构建模型，探究不同邻近性各自对创新绩效的影响机制。无论地理邻近、组织邻近、技术邻近等均已成为影响创新绩效产出变动的重要因素，但多维邻近性对创新韧性的影响机理仍处于空白期，且不同邻近性的交互作用也未纳入创新效应范畴。

综上可知，伴随数字技术与实体经济融合的深度与广度延伸，数据要素所具有的可复制、可共享、无限供给、无限使用、无限增长和天然绿色等属性，不仅对创新过程具有更高的渗透度和更广的覆盖性，还能缓解创新主体基于地理、制度、组织、认知距离引致的创新约束效应[10]，以及协调主体多维邻近性之间的交互机制，可能是驱动创新主体创新成果产出及创新韧性变化的重要方向。具体而言，数据信息资源的深度渗透重构了企业原有的创新系统中的要素禀赋、知识来源、知识加工与新知识产生过程等，促使企业创新认知从线性思维向网络化思维转变，从封闭式创新向开放式创新演进[11]。同时，数字平台的发展重构了企业社会合作关系网络，打破原有地理局限，推动创新主体间的协作从层级化向扁平化、从地域化向全球化转变，创新资源在组织、地域和产业间的流动越发频繁[12-13]。这种深层次的变革进一步催生了适应数字时代特征的创新制度体系构建，因此传统多维邻近理论在解释数字驱动背景下的企业创新机制未必完全适用，数字邻近作为传统邻近理论在数字化情形下的进一步拓展，通过测度企业产业与数字技术的加权平均距离，综合多维邻近性的交互作用，系统性表征了企业的数字化进程与在数字化网络中的位置。而当今中国工业企业数字化进程正处于深水区，数字技术与企业多维度融合远未完成，数字化究竟对企业创新过程而言，是“赋能”还是“负能”，需展开详细评估。当前个别学者基于产品空间理论，尝试通过构建“技术邻近+资源匹配”的数字邻近度指标实证分析“数字邻近度-创新绩效”的影响效应，尚未展开“数字邻近度-创新韧性”的影响研究。

本文主要边际贡献如下：第一，参考产品相似度的测度思路，在综合考虑“技术邻近度+资源匹配性”基础上运用多维邻近理论构建企业数字邻近度指标，刻画工业企业与数字技术的综合邻近水平基础，为现有的企业数字化水平测度提供新思路。第二，依据动态能力理论，从数据要素的独特属性及其对企业经营的重塑效应特点出发，构建“数字邻近度-动态能力提升-企业创新韧性”的理论分析框架，深入剖析数字邻近度变动，通过信息共享、效能提升、需求拉动、知识溢出四种中介路径，间接影响企业创新韧性的作用机理，以进一步拓展数字化赋能实体经济的相关研究结论。

二、理论分析与研究假设

（一）数字邻近度与企业创新韧性

“创新韧性”概念由 Oeij 等[14]于 2016 年提出，是指个体、组织或系统在面临外部冲击或不确定性时，通过灵活适应、持续创新和资源整合，保持创新能力并实现恢复甚至超越原有水平的能力。多变性、不确定性、复杂性和模糊性（VUCA）时代，环境复杂性、创新氛围、研发协作水平、融资约束等条件变化，影响着创新主体活动的灵活性和稳定性，进而影响创新韧性[15]。根据动态能力理论，工业企业创新韧性可视为工业企业在不断动荡环境中，持续进行创新、不断积累知识，并将其转化为新能力的一种强化机制[16]。数实融合背景下，企业尝试利用数字技术实现业务重大改进、提升运营效率、优化组织架构、重塑价值创造方式。但数字化也是一把双刃剑，数字技术与企业资源能力兼容性较差，可能引发一系列不利影响。数字化对创新的影响研究较为丰富，对创新韧性的影响研究较少，且集中于组织韧性方面。其中，卢正文和许康[17]以 A 股上市企业为样本，探讨数字化转型对企业创新韧性间存在着明显的倒 U 型关系，与企业生命周期阶段密切相关。中国工业企业开始大规模数字化背景下，数字技术与企业技术、资源与管理运营等的深度融合阶段远未实现，数字化的创新赋能效应需深入评估[18]。

数字邻近度作为企业数字化水平的一种测度方式，本质上是企业与数字产业多维邻近性的综合体现。具体而言，企业在认知结构上更倾向于人工智能等数字核心领域，其资源配置模式与数字化需求高度适配，自身资源能力与数字技术有较高的匹配性，组织能力体系呈现出显著的数字化特征。这种多维性的数字化

趋近会促使企业生产创新技术聚焦于数字核心领域,推动产品产业向数字产业转型。多维邻近性之间的交互作用会产生协同效应,其中技术邻近为知识转移提供基础,知识邻近促进能力重构,制度邻近降低转型风险,这些因素的共同作用最终体现为产品邻近性的提升。产品空间理论指出当不同产品所依赖的生产要素在技术空间、知识空间和资源空间的重叠度较高时,企业更容易实现产品谱系的延伸和转型[19]。故基于多维邻近理论与产品空间理论,本文提出"数字邻近度"这一系统性概念。数字邻近度指标通过融合企业数字化认知邻近、数字技术社会邻近及数据要素制度邻近等多维特征,测度企业产业与数字技术的加权平均距离,综合多维邻近性的交互作用,系统表征企业与数字产业核心领域的趋近程度[20-21],是多维邻近理论在数字化背景下的进一步拓展。当前企业数字化水平的测度多以数字化投入作为核心变量展开,忽视了数字技术与企业能力资源的兼容性环节。故综合考虑数字技术应用与企业资源能力多维邻近性基础上的数字产出成果指标,更加科学和具有参考价值。

根据组织惰性理论,企业在数字化进程中,存在着数字求变与资源刚性、惯例刚性间的矛盾,数字化效应本质上依赖于企业与数字产业的多维邻近性[14]。在数字化变革初期,工业企业所面临的系统性变动与"组织惰性"间的矛盾较大,较低的数字邻近度意味着企业数字化水平较差,数字技术与企业架构、制度、认知等方面存在显著适配缺口,这种不匹配性会引发多重负面效应[22]。此时数字化需要的"变革"与资源刚性、管理刚性间的"不变"间的矛盾,对企业运营带来的摩擦力不容忽视,冲击企业创新活动的稳健展开。例如,数字变革的"犬儒主义"诱发企业研发人员消极态度,导致反生产等负面行为发生,降低技术创新活动的可持续性[23];数字技术无法打破生产流程间、管理部门间、系统模块间"数据壁垒",较高的数字改造投资,形成对其他部门的"挤出"效应,从而降低研发资源投入,不利于创新活动抗风险能力提升[24]。随着数字邻近度的不断提升,数字技术与资源刚性、管理刚性间的矛盾逐渐弱化,对创新韧性的正向驱动效应不断释放,是提升创新韧性的重要变革。企业在数字网络中的地位越接近数字产业集群,其数字邻近度指标值越高,这本质上反映了企业数字技术架构与组织惯例、资源基础具有高度兼容性,能够有效缓解数字化转型中的"变革-刚性"矛盾[25]。这种数字邻近度的动态演化,不仅决定了企业获取数字技术外溢效应的效率,更从根本上重塑了创新升级的潜在路径[26]。高数字邻近度企业往往能更快速地实现数字技术同化吸收,通过"数字能力-业务场景"的协同创新机制,加速完成产业价值链的数字化跃迁,有助于工业企业创新系统稳定性升级与可持续发展,是工业企业创新韧性的重要赋能渠道。

基于此,本文提出假设:

数字邻近度对创新韧性的影响呈现先下降后上升的U型曲线(H1)。

(二)基于动态能力提升的中介效应机制

根据动态能力理论,企业应注重提升风险感知、资源获取与转化能力,以有效应对外部环境的不确定性、提升可持续发展能力。充足的资源储备、内部主体的多元化,以及对外部冲击和变化的有效适应性,是韧性理论中强韧性系统通常具备三个核心特征[17]。VUCA环境下,"感知-获取-转化"的动态能力组合不仅能将企业将外部冲击转化为市场机遇,更能主动调整创新战略、重组资源结构,从而实现创新韧性提升和逆势成长[27]。然而数实融合进程的不断深入催生了顺应时代特征的新制度规则体系构建,传统动态能力组合难以完全覆盖数字环境下"数据整合、平台协同、生态构建"等新型能力需求。在数字经济背景下,数字邻近度提升重构了企业的价值创造体系,不同于传统依赖单一主体、线性流程的价值模式,数字邻近度通过强化企业与数字产业在认知、技术、制度等维度的适配性,打破了资源流动的时空壁垒,推动价值创造向"网络化协同"转型。这一变革直接推动传统企业动态能力实现系统性升级,显著优化了工业企业营运活动的核心环节,如信息开放程度的提升让企业能够实时捕捉产业链上下游动态,资源匹配效率的改善降低了跨主体合作的交易成本,跨主体协同能力的增强打破了部门与组织间的协作壁垒,知识共享机制的完善则加速了技术与经验的传递[28]。数字邻近度驱动的动态能力通过强化组织的适应性、灵活性和战略柔性,成为构建创新韧性的微观基础[29]。因此,本文结合数字邻近度的特点,借鉴Teece[30]、徐细雄等[31]的研究对企业动态能力的划分,将从信息开放共享、生产效能提升、市场需求拉动、知识溢出四个方面探讨数字邻近度对工业企业创新韧性的中介作用机制。

第一，数字邻近度有利于提升企业信息开放水平，缓解信息不对称风险。随着企业数字邻近度提升，数字技术与资源能力多维耦合重构了企业的信息流动模式。数字驱动的动态能力可以提高企业的数据敏感度，使其在有效时间内感知、获取、利用数据信息并将其转化为信息资源，从而强化企业内外部信息披露全面性[32]。具体而言，更加开放的内部信息环境可以有效破除企业内不同部门、流程、系统间的数据壁垒，信息共享机制的优化不仅提升了组织内部协同效率，更通过增强管理敏捷性使企业创新体系具备动态调整能力。同时，数字技术持续性渗透可以降低外部信息不对称性与企业间技术垄断，数字邻近度提升带来的信息高流动性和强嵌入性特征，能够构建企业与投资方之间的“零距离”交互机制，建立基于价值共识的透明合作空间，增强企业与外部创新网络的连接强度，并有效缓解融资约束，有助于拓宽持续性研发的外源资金渠道。这种“内部协同-外部联通”的双重效应既提升了企业对创新冲击波动的响应效率，又优化了创新资源配置，从而系统性增强创新韧性[33]。

因此，基于动态能力理论提出假设：

数字邻近度通过信息开放共享效应，对企业创新韧性产生间接影响（H2）。

第二，数字邻近度可能通过多种潜在动力影响企业生产效能。其一，数字驱动的动态能力能够优化企业知识获取路径，通过增强与数字生态系统的连接强度，促进隐性知识的跨组织流动[34]。其二，较高的数字邻近度有助于降低数字化转型过程中的组织摩擦成本，提升资源配置效率；更为关键的是，数字邻近度通过重构生产流程中的信息传递模式，实现生产环节的精准协同，从而系统性提升企业生产效能[35]。生产效能提升能有效扩大企业的资源储备规模，既包括创新活动短期应急所需的资金资源，也涵盖长期发展所需的技术积累、人才储备、基础设施等战略储备，为创新活动提供了坚实的资源保障[36]。此外，通过优化生产流程和资源配置效率，企业构建起多元化的资源结构，显著提升了创新系统应对外部冲击时的资源调配灵活性；生产效能改进带来的成本节约和利润增长拓宽了内源融资渠道，确保研发投入的持续性为技术创新系统稳定性发展提供保障与动力[31]。

基于此，提出假设：

数字邻近度通过生产效能提升效应，对企业创新韧性产生间接影响（H3）。

第三，数字邻近度的提升能够增强企业对市场需求的动态感知能力，通过实时数据分析和消费者行为追踪，实现更精准的市场细分和需求预测[37]。另外，数字驱动的资源获取能力可以助力企业突破地理边界限制，通过数字化平台拓展潜在客户群体，并通过重构产品服务交付模式，实现个性化定制和即时响应，从而有效扩大市场覆盖范围、扩张市场需求[38]。工业企业市场需求扩张能够形成集聚效应，以较低成本实现创新要素的有效配置，持续的市场需求也能为企业创新活动提供稳定的现金流支持，保障研发投入的持续性。资源储备的多样性也至关重要，多元化的市场需求能促使企业构建更加丰富的创新资源储备，增强了应对外部冲击的缓冲能力。

基于此，提出假设：

数字邻近度通过市场需求扩张效应，对企业创新韧性产生间接影响（H4）。

第四，在不确定性、风险较高情景下，单一创新主体仅依靠自身知识储备，难以实现持续性创新[39]。在创新生态系统中，数字邻近度的提升通过强化动态获取与转化能力，显著改善了主体间的知识流动效率：一方面，数字化连接降低了知识转移的时空壁垒，使隐性知识更易编码和传播，有利于加速企业对显性知识的消化吸收，以及隐性知识整合并转还未显性知识的可能性；另一方面，数字平台强化了创新网络的连通性，扩大了异质性知识的接触面。主体间合作创新模式可以通过加强知识搜索、消化、吸收与创造行为，从而进一步提升主体持续创新能力。原因在于：一方面，主体间知识“势差”产生知识供求关系，强化内生的知识流动需求和合作意愿，进而促进知识溢出效应[40]；另一方面，在于协作创新有利于巩固创新网络中的结构洞优势，通过促进主体沟通和资源共享程度，提升合作主体间的学习吸收异质性知识，促进知识溢出效应。

基于此，提出假设：

数字邻近度通过知识溢出效应，对企业创新韧性产生间接影响（H5）。

(三)内部控制质量的调节机制

内部控制作为风险管理的关键部分,有效的内部控制体系通过识别与缓解风险支持企业数字化与技术创新活动。较高的企业内部控制质量,能够提供准确及时的信息,有助于提升数字化与创新决策的质量和效率,增强技术创新过程中的风险处理能力;有助于保障遵守相关法律法规制度,避免可能的创新行为法律风险;有助于通过培育积极的企业文化,推动员工数字化与技术创新的参与度,提升企业创新绩效[41]。反之,较低的内部控制体系,不仅无法释放规范管理、提升决策质量与创新绩效优势,还对数字化所必需的制度适配与结构性变革构成刚性约束[42]。进而不利于知识管理与新知识产生所需的变革性要求,降低创新系统的风险感知与资源重构水平,将成为企业创新韧性的重要瓶颈。

基于此,本文提出假设:

企业内部控制质量正向调节数字邻近度与创新韧性间的关系(H6)。

综上可知,数字邻近度对企业创新韧性的影响机理如图 1 所示。

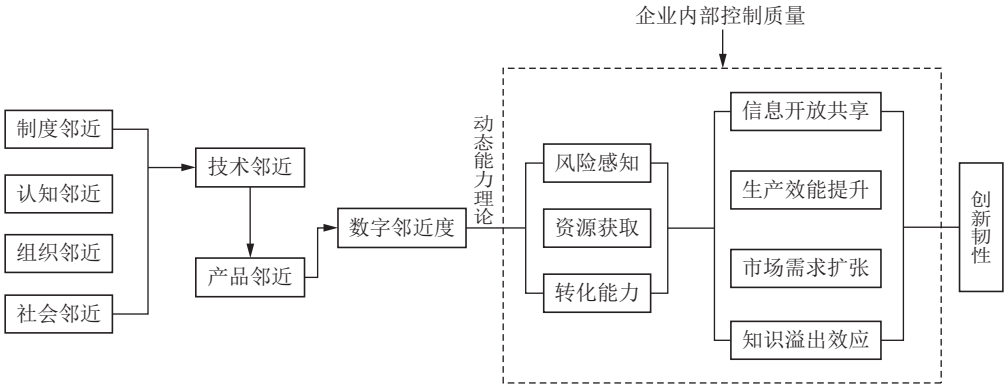


图 1　数字邻近度概念界定与对创新韧性的影响机理

三、模型构建与变量说明

(一)面板回归模型构建

为验证工业企业数字邻近度对创新韧性的 U 型影响,构建面板回归模型如式(1)所示。

$$EIR_{it} = \beta_0 + \beta_1 dc_{it} + \beta_2 dc_{it}^2 + \alpha Con_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中:i 为工业企业;t 为年份;EIR 为创新韧性;dc 为数字邻近度;Con 为控制变量;β_0 为常数项;β_1 为数字邻近度对创新韧性的影响系数;α 为控制变量系数;μ_i 和 λ_t 分别为个体固定效应和时期固定效应;ε 为随机误差项。

(二)变量定义和说明

1. 被解释变量——企业创新韧性(EIR)

借鉴相关研究的思路[43-45],采用企业发明专利申请量的变化表征企业创新韧性水平,具体公式如式(2)所示。

$$EIR_{it} = \frac{\Delta Pat_{it} - \Delta E}{|\Delta E|},\ \Delta E = \frac{Pat_{c,t} - Pat_{c,t-1}}{Pat_{c,t-1}} \times Pat_{i,t-1} \quad (2)$$

其中:i 为工业企业;c 为所在城市;Pat 为专利申请量;ΔPat 为企业专利申请量变化;$Pat_{i,t-1}$ 为企业 i 在第 $t-1$ 年的专利申请量;ΔE 为以企业所在城市 c 专利申请增长率估算的工业企业当年专利申请量。EIR 指标值越大,表明该工业企业的创新韧性水平高,反之则越低。

2. 核心解释变量——数字邻近度(dc)

基于 Hidalgo 等[19]和马海燕等[21]的研究,工业企业的数字邻近度指标具体测度思路如下:

首先,参考 Hidalgo 等[19]提出的产品空间测度思路构建行业空间,得到行业间技术关联程度 δ_{ij},如式(3)所示。

$$\delta_{ij} = \lg\left\{\frac{1}{\min[P(rca_{ci} \mid rca_{cj}), P(rca_{cj} \mid rca_{ci})]}\right\},\ rca = \frac{Sal_{c,i} \Big/ \sum_{i} Sal_{c,i}}{\sum_{c} Sal_{c,i} \Big/ \sum_{c,i} Sal_{c,i}} \tag{3}$$

其中：i 和 j 为两个行业；Sal 为销售额，选取企业产出数据（销售收入指标）展开，能够表征企业技术、要素、制度、管理能力等综合水平，故选取该指标展开相关测度以反映企业数字化过程中的多维邻近水平；rca 为显示性比较优势指数，通过企业销售额比重与所有行业平均比重的比值来衡量，$rca > 1$ 为企业 c 在第 i 行业占据比较优势；$P(rca_{ci} \mid rca_{cj})$ 和 $P(rca_{cj} \mid rca_{ci})$ 均为条件概率，$P(rca_{ci} \mid rca_{cj})$ 表示企业 c 在行业 j 占据比较优势条件下在行业 i 占据比较优势的条件概率，$P(rca_{cj} \mid rca_{ci})$ 则相反，通过计算最小条件概率来测算行业间技术相似度。δ_{ij} 将“相似度指标”转变为“距离指标”，通过对最小条件概率的倒数取对数得到，用以表征行业间技术关联程度、构造行业空间。

其次，根据相关文献成果[46-47]，选取国家统计局公布行业代码中的 C39、I63、I64、I65（分别为计算机、通信和其他电子设备制造业，电信、广播电视和卫星传输服务，互联网和相关服务，软件和信息技术服务业）作为数字产业。根据式（4）得到不同行业与数字产业的平均最短路径，即行业 i 的数字邻近度指标 Ic_i。

$$Ic_i = \frac{1}{1 + i\text{行业距数字产业的平均最短距离}} \tag{4}$$

最后，将数字邻近度从绝对指标调整为相对指标，以企业 k 行业销售额为权重，加权得到企业 k 所涉及多个行业产品的数字邻近度指标 dc，如式（5）所示。

$$dc_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ic_i Sal_{ki}}{\sum_{i=1}^{n} Sal_{ki}} \tag{5}$$

3. 控制变量选取

参考相关研究成果[48]，选取企业基本属性、经营状态、管理层特质三类变量作为控制变量。其中，企业基本属性变量包括企业规模（*size*）、企业年龄（*age*）与股权集中度（*top*1）变量；经营状态变量包括净资产收益率（*roa*）、资本性支出（*cap*）、财务杠杆（*lev*）和销售收入增长率（*rgr*），其中销售收入增长率用营业收入本年金额与上年同期金额之差再与上年同期金额的比值衡量；管理层特质变量包含独立董事占比（*poid*）、董事会规模（*bs*）、管理层年龄（*eage*）、董监高是否有海外背景（*ewo*）。其中，独立董事占比用独立董事人数占董事会人数的比值表征，管理层年龄通过公司高管的平均年龄得到。

4. 中介变量选取

信息开放共享（*OPEN*）。拟参考辛清泉等[49]的测度思路，选取交易所发布的上市公司信息披露的考评等级表征信息开放水平，同时根据企业分析师跟踪人数表征信息提供者行为指标，最终综合两指标的样本百分级并取均值进行衡量。

生产效能提升（*TFP_OP*），作为企业提升核心竞争力的关键指标，高水平的生产效能意味着能以更少的资源投入获得更大产出规模。增强企业的盈利能力，也是企业技术创新实现可持续发展的基础，故拟利用鲁晓东和连玉君[50]的思路采用 Olley-Pakes 法（*OP* 法）得到全要素生产率，表征生产效能提升。

市场需求扩张（*MAR*），拟利用企业销售收入与客户集中度之比表征工业企业的市场需求扩张水平指标。*MAR* 指标值越高，表明企业市场需求扩张程度越大。

知识溢出效应（*Spill*）。在不确定性风险处于较高的发展情景下，不同主体间的知识溢出可以促进跨界协作与合作创新，加强知识搜索、消化、吸收与创造行为提升持续性创新能力，遂拟采用技术流量法测度工业企业知识溢出水平。

（三）数据处理与描述性统计

工业企业选取国家统计局发布的《国民经济行业分类 GB/T 4754—2017》中 20 个门类中的采矿业，制造业，电力、热力、燃气及水生产和供应业三个大类部门展开。考虑数据可得性，研究样本为 2013—2023 年

A股上市工业企业。企业数据来源主要包括:按行业分类营业收入数据来自中国经济金融数据库(CCER);独立申请发明专利数据源自中国研究数据服务平台(CNRDS);其余数据来源于国泰安数据库(CSMAR)。数据处理过程中,剔除ST(special treatment)、PT(particular transfer)和*ST企业,剔除关键变量数据严重缺失样本,以及专利信息不规范、不完整的专利数据。最终得到1011家上市企业的非平衡面板数据。为减少异常值影响,对所有连续变量进行1%与99%的缩尾处理。

从表1的变量描述性统计结果可以看出,企业创新韧性均值为2.159,标准差为14.310,表明不同企业创新韧性水平存在较大差异;数字邻近度代表工业企业现有数字化水平,其均值为0.208,标准差为0.099。Rahmati等[51]基于1990—2017年美国上市公司数据的研究显示,其数字邻近度均值为0.24,对比之下中国工业企业的数字化水平仍有较大提升空间。对回归模型进行豪斯曼检验发现,拒绝原假设,选取固定效应模型形式进行回归。根据方差膨胀因子(VIF)指标测算结果可知,所有模型解释变量*VIF*均介于1.02~2.48,均值1.43,远小于10,故模型不存在严重的多重共线性。

表1 描述性统计

变量类型	变量名称	符号	个体数	均值	标准差	最小值	最大值	*VIF*
被解释变量	企业创新韧性	*EIR*	11911	2.159	14.310	-70.603	139.301	—
解释变量	数字邻近度	*dc*	11503	0.208	0.099	0	0.947	1.02
控制变量	企业规模	*size*	11610	22.729	1.348	20.161	27.245	2.48
	企业年龄	*age*	11419	2.385	0.644	0	3.434	1.72
	股权集中度	*top*1	11569	10.532	16.269	0	69.500	1.50
	净资产收益率	*roa*	11610	0.057	0.119	-0.994	0.353	1.15
	资本性支出	*cap*	11609	2.339	3.094	0.008	8.007	1.62
	财务杠杆	*lev*	10522	0.072	0.085	0	0.401	1.34
	销售收入增长率	*rgr*	11609	0.135	0.285	-0.467	2.258	1.12
	董事会规模	*bs*	11906	8.641	1.682	5.000	15.000	1.48
	独立董事占比	*poid*	11904	37.591	5.564	30.000	60.000	1.37
	管理层年龄	*eage*	11906	50.139	3.084	41.650	58.525	1.36
	高管是否有海外背景	*ewo*	11906	0.595	0.491	0	1.000	1.03
中介变量	信息开放共享	*OPEN*	11906	0.381	0.184	0	0.969	1.25
	生产效能提升	*TFP_OP*	11906	6.915	0.844	3.612	10.214	1.57
	市场需求扩张	*MAR*	11906	20.198	1.835	14.643	29.358	2.34
	知识溢出效应	*Spill*	11906	3.526	1.599	0	9.702	1.27

四、实证结果分析

(一)基准回归分析

表2展示了根据式(1)测算的工业企业数字邻近度对创新韧性的基准回归结果。根据(1)列所示的回归结果可知,在未加入控制变量的情形下,数字邻近度对创新韧性的影响系数为-6.200,且在5%的置信水平上显著,表明工业企业数字邻近度对创新韧性的影响为显著负向。加入控制变量后,根据(2)列所示的回归结果发现,*dc*对*EIR*的影响系数为-8.694,在1%的置信水平下水平上仍显著,并且模型拟合优度从0.008提升为0.015。进一步加入*dc*变量的二次项(dc^2)后,数字邻近度的一次项系数为-49.606,二次项系数为45.000,均在1%的置信水平上均为显著。一次项为负,二次项为正,表明数字邻近度对创新韧性的驱动效应表现为显著的U型关系,假设H1成立。

借鉴Lind和Mehlum[52]于2010年提出的三步程序法,进一步识别二者间U型关系。如图2所示,根据回归结果得到的关系曲线表现为明显的U型,且曲线从“下降→上升”的转折点位置为0.551。结果表明,若数字邻近度低于0.551情形下,工业企业数字邻近度的增长抑制了其创新韧性水平;反之,若数字邻近度高于0.551情形下,数字邻近度的增加有利于工业企业创新韧性的上升。进一步根据研究样本的描述性统计,共有489个观测值位于拐点右侧,样本比例仅为4.25%,即研究期内约95.75%的工业企业数字邻近度处于

较低水平，故对创新韧性负向效应不容忽视。由(3)列结果可知，控制变量中股权集中度、净资产收益率与销售收入增长率均对创新韧性具有显著的正向效应；而高管是否有海外背景变量的影响系数为-0.718，且在10%置信水平下显著。这说明工业企业营运质量、收益状况提升有助于技术创新系统韧性增强，高管特质与持股比例会影响内控与决策，进而对企业创新韧性产生影响。

表2　基准回归结果

解释变量	(1)	(2)	(3)
dc	-6.200**	-8.694***	-49.606***
	(-2.05)	(-2.74)	(-5.54)
dc^2			45.000***
			(4.89)
size		-0.494	-0.356
		(-1.05)	(-0.75)
age		-0.007	-0.063
		(-0.01)	(-0.08)
*top*1		0.462*	0.0462*
		(1.93)	(1.94)
roa		3.156**	2.941*
		(2.09)	(1.95)
cap		8.500	6.740
		(0.86)	(0.68)
lev		-1.416	-0.789
		(-0.48)	(-0.27)
rgr		2.625***	2.671***
		(4.76)	(4.85)
bs		0.148	0.162
		(0.77)	(0.84)
poid		0.040	0.046
		(0.83)	(0.96)
eage		-0.069	-0.067
		(-0.70)	(-0.68)
emo		-0.737*	-0.718*
		(-1.83)	(-1.78)
个体固定	是	是	是
时期固定	是	是	是
R^2	0.008	0.015	0.178

注：*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%水平上显著；括号内为 *t* 值。

(二)稳健性检验

第一，加入变量三次项情形下的稳健性检验。参考 Haans 等[53]关于 U 型曲线的稳健性检验思路，验证二者 U 型关系的稳健性。在式(1)基础上，加入三次项 dc^3，通过三次项系数的显著性，检验是否从 U 型转化为 S 型关系。从表3的(1)列可知，在10%的置信水平下，*dc* 和 dc^2 的系数符号和显著性并未发生改变，而三次项 dc^3 的系数并不显著，因此回归模型加入三次项后并未发生显著改变，基准回归结论具有稳健性。

第二，替换核心解释变量情形下的稳健性检验。将式(4)替换为式(6)，即采用平均最长距离 *Icm* 替代原有的平均最短距离 *Ic* ，进一步根据式(7)得到替代解释变量 *dcm* 。在此基础上，得到模型回归结果见表3的(2)列。*dcm* 变量的系数为-33.264，dcm^2 变量的系数为32.973，二者在1%的置信水平下均显著。结果表明，在替代核心解释变量情形下，数字邻近度对创新韧性的 U 型关系成立，结论具有稳健性。

$$Icm_i = \frac{1}{1 + (i\text{行业与数字产业的平均最长距离})} \tag{6}$$

$$dcm_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} Icm_i Sal_{ki}}{\sum_{i=1}^{n} Sal_{ki}} \tag{7}$$

第三，替换被解释变量情形下的稳健性检验。本节利用企业所属行业专利申请量指标，替代基准回归情形下利用企业所在城市专利申请量指标。根据式(2)重新得到工业企业创新韧性指标(*IEIR*)，作为替代变量进行模型参数估计，回归结果见表3的(3)列。*dc* 的系数为-41.786，dc^2 的系数为37.484，且二者均显著，表明 *dc* 对 *IEIR* 的驱动效应仍为 U 型关系，可知替代被解释变量情形下回归结果仍稳健。

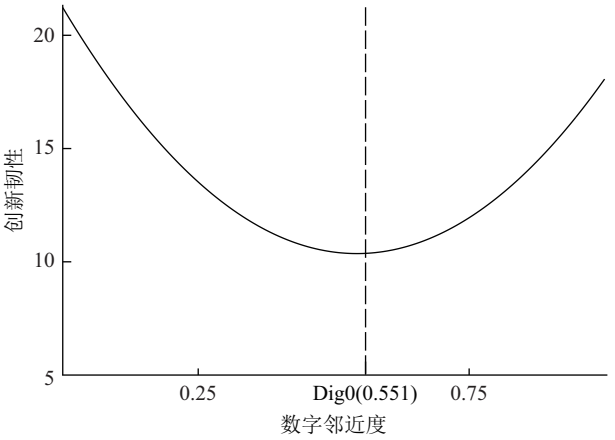


图2　数字邻近度与创新韧性关系的U型曲线

第四，更换回归方式。采用行业层面聚类稳健标准误替代双向固定效应，利用高维面板固定效应进行估计，结果见表3的(4)列。数字邻近度变量的一次项系数为负，二次项系数为正，且均在1%置信水平上显著，研究结论具有稳健性。

第五，删除部分样本。考虑到外部冲击对创新韧性的干扰，剔除特定年份样本(2015年及2020—2021年)

表3　稳健性检验

解释变量	加入三次项	替代核心解释变量	替代被解释变量	更换回归方式	删除部分样本
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
dc	−102.090*** (−2.68)		−41.786*** (−7.71)	−52.000*** (−4.66)	−157.808*** (−4.21)
dc^2	180.303* (1.88)		37.484*** (7.67)	48.324*** (4.31)	163.655*** (4.43)
dc^3	−94.155 (−1.44)				
dcm		−33.264*** (−3.00)			
dcm^2		32.973*** (3.12)			
控制变量	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是
时期固定	是	是	是	是	是
R^2	0.015	0.015	0.029	0.021	0.014

注：*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%水平上显著；括号内为 t 值。

后的样本进行稳健性检验。从表3的(5)列可知，数字邻近度的一次项系数为−157.808，二次项系数为163.655，在1%置信水平下均为显著。数字邻近度对创新韧性仍表现为显著的U型关系，与基准回归情形的结论保持一致。

(三)异质性分析

第一，区域异质性分析。受地理位置、制度环境等因素影响，区域间经济发展存在较大差异，对新兴技术的接受度与接受能力不尽相同。依据工业企业所属省份的经济区划分标准，将所有工业企业样本分为东部、中部、西部地区三个子样本，分别进行回归，回归结果见表4。分样本回归结果可知，东部地区子样本中，dc 和 dc^2 变量的系数分别为−44.813和35.151，在1%的置信水平上显著，U型关系成立；曲线拐点位置为0.637，即数字邻近度低于0.637时，二者为负向关系，高于0.637，则表现为正向关系。中部地区工业企业数字邻近度变量的一次项和二次项系数也表现为显著，符号与东部地区样本一致；拐点位置调整为0.498，即由“负向→正向”关系转变的数字邻近度水平为0.498。根据西部地区子样本结果，dc 和 dc^2 变量系数值均不显著，表明数字邻近度变量对创新韧性的影响微弱。综上可知，数字邻近度对创新韧性影响的异质性不容忽视，中部地区工业企业的拐点位置更易得到，东部地区次之，西部地区的影响微弱。

第二，产权异质性分析。将工业企业按照产权性质划分为国有工业企业和非国有工业企业两个子样本，以考察不同产权性质工业企业数字化程度对创新韧性的影响差异性，分样本回归结果见表4。一方面，无论是国有工业企业还是非国有工业企业样本下，数字邻近度的一次项系数均为负值，二次项均为正值，且均显著，表明分样本情形下的U型关系均显著成立；另一方面，U型曲线的拐点位置存在明显差异。根据测算，国有工业企业样本下的拐点位置为0.564，非国有工业企业曲线拐点位置为0.521，非国有企业的拐点位置明显低于国有企业，表明非国有企业更容易达到“负向→正向”的转折点，表现出更强的组织灵活性和较低的资源刚性，数字化转型过程对创新活动的匹配性调整更加容易实现。

第三，企业规模异质性分析。考虑到不同企业规模下数字化及创新系统的差异，展开不同规模样本情形下影响效应的异质性测度。根据期末总资产均值将研究样本划分为大型工业企业和中小工业企业两类，展开分样本回归。表4中两类子样本情形下，dc 变量系数显著为负，dc^2 变量系数显著为正，U型关系均显著成立。同时，大型工业企业样本下的数字邻近度变量的拐点位置为0.544，中小工业企业曲线的拐点位置为0.550，大型工业企业的拐点位置略低于中小型工业企业，表明大型工业企业具有更低的资源刚性和数字技术接受度，数字邻近度对创新韧性的影响效应更容易达到正向效应阶段。

第四，融资约束水平的异质性分析。融资约束不仅对企业经营活动具有重要影响，还与企业投资、研发决策等行为密切相关。选取融资约束(FC)指数表征工业企业面临的融资约束水平，指数越高表明面临的约

束程度越高。根据中位数位置为基准进行分样本，右侧为高融资约束子样本，左侧为低融资约束子样本，分样本回归结果见表4。无论高融资约束与低融资约束子样本情形下，数字邻近度的一次项系数和二次项系数均显著，且一次项为负值，二次项为正值，两种样本下的U型关系均成立。同时，高融资约束水平下的工业企业子样本的U型曲线拐点位置为0.538，低融资约束水平的U型曲线拐点为0.562，略高于高融资约束水平样本。结果表明，高融资约束的工业企业表现为更低的资源刚性，更容易达到数字技术与创新灵活性的正向耦合机制。

综上可知，数字邻近度与创新韧性之间的U型关系表现出明显的异质性特点。其中，东部和中部地区存在，西部地区微弱，并且中部地区更易达到正向效应。无论国有和非国有类型、大型还是中小型规模、高融资约束还是低融资约束水平下的工业企业，均表现出显著的U型关系。但拐点位置存在明显区别，其中国有企业高于非国有企业、大型企业略低于中小型企业、高融资约束低于低融资约束下的工业企业。

表4　分样本回归结果

变量	按地区划分			按产权性质划分		按企业规模划分		按融资约束划分	
	东部	中部	西部	国有	非国有	大型	中小型	高约束	低约束
dc	−44.813***	−74.190***	−27.939	−41.909***	−55.174***	−36.414***	−63.891***	−51.988***	−48.292***
	(−4.01)	(−2.88)	(−1.30)	(−3.39)	(−3.39)	(−3.47)	(−3.63)	(−3.08)	(−4.49)
dc^2	35.151***	74.533***	25.175	37.186***	52.963**	33.443***	58.035***	48.321**	43.000***
	(2.72)	(3.13)	(1.25)	(3.18)	(2.57)	(3.24)	(2.95)	(2.52)	(4.04)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是
时期固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.021	0.035	0.028	0.027	0.015	0.017	0.018	0.014	0.022
拐点位置	0.637	0.498	—	0.564	0.521	0.544	0.550	0.538	0.562

注：*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%水平上显著；括号内为 t 值。

（四）进一步机制分析

本节在基准回归结果基础上，拟进一步展开中介效应模型的参数估计，回归结果见表5，旨在验证假设H2~假设H5四条中介路径是否成立，即数字邻近度能够通过信息开放共享、生产效能提升、市场需求扩张、知识溢出效应四条路径，间接影响工业企业创新韧性。具体结果如下：

第一，信息开放共享的中介效应。根据表5的(1)列可知，选取信息开放共享(*OPEN*)指标作为中介变量情形下，*dc* 对 *OPEN* 的回归系数为0.070，且在5%的置信水平下显著，表明数字邻近度的提升能够显著驱动企业信息开放共享水平的提升。将中介变量加入基准回归模型后，*OPEN* 对被解释变量 *EIR* 的影响系数为2.459，在5%的置信水平下保持显著。根据温忠麟和叶宝娟[54]的中介效应测算研究思路，信息开放共享的中介效应应为0.172(0.070 × 2.459 = 0.172)。不仅如此，由于两个系数均为显著，故中介效应也为显著。综上，数字邻近度的提升显著增强了工业企业信息开放共享水平的同时，还能够通过信息开放共享机制正向影响企业创新韧性，假设H2成立，且中介效应表现为正向的中介影响。

第二，生产效能提升的中介效应。根据表5的(2)列部分所示的回归结果可知，*dc* 对 *TFP_OP* 的回归系数为0.167，在1%的置信水平下显著，表明数字邻近度能够显著促进企业生产效能提升。进一步，将中介变量纳入基准回归模型得知，*TFP_OP* 对被解释变量 *EIR* 的影响系数为−1.306，且在5%的置信水平下显著。根据中介效应测算思路，两个系数0.167和−1.306均为显著，因此中介效应显著成立；不仅如此，中介效应结果为−1.139[0.167 × (−1.306) = −1.139]。可知，尽管数字邻近度能够显著促进生产效能的提升，但数字邻近度通过生产效能提升路径，对企业创新韧性的中介影响表现为显著负向，假设H3成立，但表现为负向影响。

第三，市场需求扩张的中介效应。根据表5的(3)列所示的回归结果发现，*dc* 对 *MAR* 的回归系数为1.183，在10%的置信水平下显著正向，表明数字邻近度能够显著促进企业的市场需求扩张规模。同时，将 *MAR* 纳入基准回归模型的回归结果可知，*TFP_OP* 对 *EIR* 的系数为0.300，且在10%的置信水平下为显著变量。综上可知，由于1.183和0.300两个系数均表现为显著，因此数字邻近度通过市场需求扩张路径，间接

对企业创新韧性的影响表现为显著,假设 H4 成立。进一步可知,两个系数均为正值,则得到的中介效应规模为 0.355(1.183 × 0.300 = 0.355),中介效应表现为正向的中介效应机制。

第四,知识溢出效应的中介效应。根据表 5 的(4)列部分的回归结果所示,*dc* 对 *Spill* 的回归系数为 0.629,在 1%的置信水平下显著,表明数字邻近度对企业知识溢出水平的促进作用不容忽视。同时,将 *MAR* 作为解释变量纳入基准回归模型发现,*MAR* 对 *EIR* 的系数为-1.627,在 1%的置信水平下显著。综上,中介效应中的两个系数 0.629 和-1.627 均为显著,因此通过 *Spill* 的中介效应也显著成立,即假设 H5 成立。进一步可知,中介效应规模为-1.023[0.629 × (- 1.627) =- 1.023],表明数字邻近度通过空间溢出效应的中介路径表现为负向的中介机制。

综上可知,数字邻近度通过动态能力提升效应的四条中介路径均显著成立,假设 H2~假设 H5 均成立。同时,四条中介路径下,通过信息开放共享(*OPEN*)和市场需求扩展(*MAR*)两条中介路径下的中介效应表现为显著的正向效应,而通过生产效能提升(*TFP_OP*)和知识溢出效应(*Spill*)两条中介路径下的中介效应表现为显著的负向效应。

表 5　中介效应检验结果

解释变量	(1)		(2)		(3)		(4)	
	信息开放共享		生产效能提升		市场需求扩张		知识溢出效应	
	OPEN	*EIR*	*TFP_OP*	*EIR*	*Mar*	*EIR*	*Spill*	*EIR*
dc	0.070 ** (2.15)	-48.159 *** (-5.12)	0.167 *** (2.96)	-48.450 *** (-5.38)	1.183 * (1.75)	-52.620 ** (-4.05)	0.629 *** (2.94)	-47.342 *** (-3.69)
dc^2		44.605 *** (4.49)		44.246 *** (4.79)		44.703 *** (2.62)		45.044 ** (2.48)
中介变量		2.459 ** (2.18)		-1.306 ** (-2.14)		0.300 * (1.85)		-1.627 *** (-6.35)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
个体固定	是	是	是	是	是	是	是	是
时期固定	是	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.238	0.017	0.616	0.018	0.053	0.016	0.694	0.018

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;括号内为 *t* 值。

(五)调节效应检验

为检验内部控制质量(*Inc*)对二者关系的调节作用,参考调节效应研究思路,即在原有模型基础上加入调节变量及其交乘项[21]。式(8)中,$Inc_{i,t}$ 为企业 *i* 在第 *t* 年的内部控制质量指数,由企业内部环境、风险评估、控制活动、信息与沟通、内部监督 5 个因素综合评估得到。为了避免多重共线性问题,对调节变量和解释变量进行中心化再相乘得到交互项,结果见表 6。表 6 的(1)列为仅加入内部控制质量(*Inc*)的基准回归结果,数字邻近度一次项与二次项均在 1%置信水平上显著。(2)列为加入内部控制质量与数字邻近度一次项、二次项交互项的回归结果,*dc*×*Inc* 系数在 5%的置信水平上显著为负,dc^2×*Inc* 系数在 10%的置信水平上显著为正,说明企业内部控制质量能够促使 U 型关系曲线变得陡峭,内部控制质量提升能够强化数字邻近度与创新韧性间的 U 型关系,调节效应显著。同时,由图 3 可知,数字邻近度拐点左移(*Dig*0→*Dig*1),说明内部控制质量较高的企业创新韧性更易受数字邻近度正向影响,企业内控质量发挥着显著的正向调节作用,假设 H6 成立。

表 6　调节效应回归结果

解释变量	(1)	(2)
dc	-40.832 *** (-4.87)	-39.030 *** (8.41)
dc^2	37.509 *** (4.34)	36.210 *** (8.67)
Inc	0.005 *** (3.10)	0.006 *** (0.01)
dc×*Inc*		-0.079 ** (0.03)
dc^2×*Inc*		0.070 * (0.04)
控制变量	是	是
个体固定	是	是
时期固定	是	是
R^2	0.0148	0.016

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;括号内为 *t* 值。

$$EIR_{it} = \beta_0 + \beta_1 dc_{it} + \beta_2 dc_{it}^2 + \beta_3 Inc_{it} + \beta_4 Inc_{it} \times dc_{it} + \beta_5 Inc_{it} \times dc_{it}^2 + \alpha Con_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

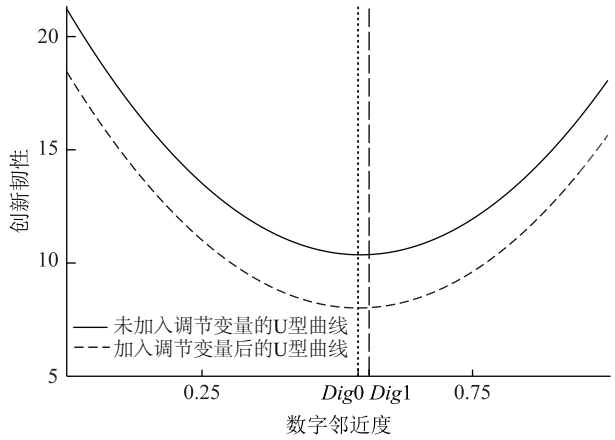


图 3　未加入与加入调节变量情形下的 U 型曲线

五、研究结论与启示

基于中国 A 股上市工业企业 2013—2023 年的面板数据，实证检验工业企业数字邻近度对创新韧性的影响效应，以及数字邻近度影响创新韧性的作用机制和调节机理。

（一）主要研究结论

第一，数字邻近度是提升创新韧性的重要方向，二者呈现出“先降后升”的 U 型关系。区别于现有基于投入指标的企业数字化测度，本文从产出视角下构建“技术距离+资源能力匹配”的数字邻近度指标表征企业数字化程度，以更新现有数字化赋能创新系统结论；另外，从韧性视角下展开创新效应分析，区别于现有成果集中于创新绩效或创新效率的赋能机理分析，为提升企业创新系统的风险应对能力提供参考。研究发现，数字邻近度对创新韧性影响的一次项系数为-49.606，二次项系数为 45.000，关系转变的拐点位置为 0.551。数字邻近度高于 0.551 时，数字邻近度与创新韧性才表现为显著的正向驱动效应，否则为显著的负向驱动效应，研究结论具有良好的稳健性。

第二，数字邻近度具有显著的信息开放共享、生产效能提升、市场需求扩张和知识溢出效应，通过四种效应机制进而对创新韧性产生显著的中介效应。数字邻近度对四种效应的影响均表现为显著的正向效应，即能够带动企业信息开放共享水平、生产效能提升、市场需求扩张和知识溢出水平，进而对企业创新韧性水平产生显著的影响。不仅如此，数字邻近度对创新韧性的影响效应，受到工业企业内部控制质量水平的调节作用。其中，内部控制质量的系数显著为正，与一次项的交乘项系数为负向，与二次项交乘项系数为正向，结合一次项和二次项系数的符号，故调节作用均为正向，且加入调节变量后的 U 型曲线拐点位置明显向左移动。

第三，根据异质性分析结论可知，数字邻近度对创新韧性的影响效应具有明显的异质性。其中，东部和中部地区的 U 型关系显著，且中部地区的拐点位置低于东部地区，西部地区数字邻近度对创新韧性的影响表现微弱。同时，国有企业与非国有企业、大型企业与中小型企业、低融资约束与高融资约束下的工业企业均表现为显著的 U 型驱动效应；拐点位置方面，国有企业低于非国有企业，大型企业低于中小型企业，高融资约束企业低于低融资约束企业。

（二）政策启示

第一，提升数字邻近度水平是工业企业数字化赋能企业创新韧性的重要方向。根据研究结论可知，数字邻近度与创新韧性间呈现为显著的 U 型关系。并根据样本分析，观测值中 95.75%的观测值处于曲线左侧，仅不到 5%的观测值位于曲线右侧。表明中国工业企业总体处于数字化发展初期，数字化变革对企业创新系统带来的资源挤出效应、创新活动的系列变革性投入增加不容忽视，是数字化变革“阵痛期”。U 型关系的存在性，为“不愿改、不想改”的工业企业提供更多的数字化发展自信。只有更快地提升数字化发展进

程,并搭配配套的动态能力适配性变革,才能更好地迎接数字化对创新韧性的正向赋能阶段的到来;一旦进入正向耦合阶段,更大幅度的数字邻近度改革,更进一步释放对创新韧性的正向提升潜力。因此,加快数字化转型进程,降低企业资源刚性的约束程度,通过资源、机构与管理能力提升,加快数字化赋能创新韧性潜力的进程。一方面,加大数字技术与企业生产技术的融合研发,缩小企业技术与数字技术的技术距离,为企业实现数字化转型提供技术准备,也是生产技术转型升级的重要方向,从知识储备、数字化研发人才培养、研发投入偏向等多个维度发力;另一方面,从资源禀赋、机构设置、管理流程、生产流程的数字化改造等方面,加快数字化转型深度融合所需要的资源与管理能力匹配度,降低资源刚性带来的抑制效应,为企业创新研发环节的数字化融入提供更多坚实的基础,最终提升企业创新研发的韧性水平,促进工业企业创新成果的可持续发展能力。

第二,重视不同类型工业企业的差异化特点,因地制宜、因势利导完善数字化与创新韧性的耦合机制设计。根据上述研究结论,对于非国有与国有、东中西部地区、大型与中小规模、高融资约束与低融资约束类型的工业企业而言,数字邻近度驱动创新韧性的效应存在明显差异。一方面,U型曲线效应对于西部地区的工业企业而言并不成立,西部地区工业企业的数字化发展具有明显滞后性,对于企业创新韧性的影响仍处于较为微弱阶段。如何充分发挥数字技术、数据要素及数字经济发展带来的网络效应与成本效应,为技术创新系统赋能仍处于初期。加快数字化转型投入,并充分对接中东部地区工业企业数字技术溢出、数字知识溢出、网络与成本效应等方式,缩短数字技术距离,重视后发优势发挥,避免中东部数字转型的不利影响,为数字技术深度融入企业创新过程带来的更大范围、更深层次的创新韧性提供参考。另一方面,对于中东部地区工业企业而言,更大幅度、更深层次地加快企业内部资源整合,以更好地适应数字化创新系统构建、创新流程优化与创新风险应对能力提升,降低资源刚性与知识惯性的约束作用,更好地促进数字技术与企业创新系统的耦合机制形成,从而促进工业企业更为迅速地越过拐点位置,进入创新韧性的正向效应区间。

第三,充分重视数字邻近度与创新韧性的四种中介渠道,为更大程度地发挥数字化通过信息开放共享、生产效能提升、市场需求扩张和知识溢出四类机制,最终为工业企业创新韧性提升赋能提供依据。在不断降低与数字技术的距离和重视企业类型差异特征基础上,进一步识别不同工业企业在四类路径方式下自身的优势、劣势、机遇、挑战(strengths、weaknesses、opportunities、threats,SWOT),基于SWOT分析基础上,不断完善数字邻近度的创新韧性提升潜力,以更详细地识别创新韧性提升的短板方向和优势路径,从而为不断充实数字邻近度赋能机制提供更加详细的参考方向。

本文还存在以下不足:以工业企业为研究对象探讨数字邻近度对创新韧性的影响机制,未来可以围绕制造企业、高技术企业、“小巨人”企业等其他类型开展研究,提高研究结论的普适性。此外,数字经济与实体经济不断深度融合发展背景下,数字技术对创新韧性的影响,不仅体现在单一企业层面,还改变着企业间创新竞合关系和创新网络结构。数字邻近度对创新竞合关系、创新网络韧性的影响探讨,是未来进一步研究深化的重要方向。

参考文献

[1] 关鑫, 李枫园. 数字化转型、供应链溢出与企业创新[J]. 经济与管理研究, 2025, 46(5): 107-124.

[2] 李婉红, 薛青廉, 王帆. 数字化转型、多维空间邻近与企业绿色低碳创新——基于中国上市公司空间距离的经验证据[J]. 管理工程学报, 2025, 39(4): 17-32.

[3] GUO M, YANG N, WANG J, et al. Multi-dimensional proximity and network stability: The moderating role of network cohesion[J]. Scientometrics, 2021, 126(4): 3471-3499.

[4] 王展昭, 冉青云. 多维邻近性、知识搜索与创新生态系统价值共创[J]. 科技和产业, 2025, 25(7): 355-363.

[5] BOSCHMA R. Proximity and innovation: A critical assessment[J]. Regional Studies, 2005, 39(1): 61-74.

[6] 洪涛, 李清君, 杨航, 等. 适宜新质生产力发展建构: GSS配置创新资源地理邻近与创新网络链接[J/OL]. 科学学与科学技术管理, 1-18[2025-06-07]. https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20250312.001.

[7] 党兴华, 弓志刚. 多维邻近性对跨区域技术创新合作的影响——基于中国共同专利数据的实证分析[J]. 科学学研究, 2013, 31(10): 1590-1600.

[8] 梁玲玲, 路玉莹. 多维邻近性对校企创新合作绩效的影响研究[J]. 技术经济, 2022, 41(2): 62-74.

[9] 张宁宁, 温珂, 张宜. 内部推动还是外部拉动? 多维邻近性视角下产研合作网络演化驱动因素研究[J]. 科技进步与对策, 2026, 43

(1)：1-11.
[10] 金文纨，贺馨仪，朱晟君，等. 地理空间创新突破：流动人才多样性与多维邻近性影响[J]. 热带地理，2025，45(2)：275-290.
[11] HE H Y，XU L T，HUANG Y J. Spatiotemporal evolution and the multidimensional proximity mechanism of megarproject innovation networks[J]. PLOS ONE，2025，20(5)：0322630.
[12] 王海花，李烨，郭建杰，等. 数字化转型背景下技术邻近与跨区域协同创新质量——基于长三角的经验证据[J]. 华东经济管理，2022，36(4)：10-18.
[13] 李婉红，薛青廉，王帆. 数字化转型、多维空间邻近与企业绿色低碳创新——基于中国上市公司空间距离的经验证据[J/OL]. 管理工程学报，1-16[2025-06-07]. https://doi.org/10.13587/j.cnki.jieem.2025.04.002.
[14] OEIJ R P，DHOND S，GASPERS Z J. Mindful infrastructure as an enabler of innovation resilience behavior in innovation teams[J]. Team Performance Management，2016，22(7/8)：334-353.
[15] 赵华平，陈龙，薛希萌. 动态组态视角下企业创新韧性的驱动路径研究[J/OL]. 科研管理，1-10[2024-12-28]. https://link.cnki.net/urlid/11.1567.G3.20241226.1414.016.
[16] 侯光文，刘青青. 数字化情境下如何激活企业创新韧性——稳定性与灵活性二元视角[J]. 科技进步与对策，2024，41(17)：97-105.
[17] 卢正文，许康. 数字化转型对企业创新韧性的双重效应研究[J]. 管理学报，2024，21(7)：1046-1055.
[18] 沈坤荣，林剑威，傅元海. 网络基础设施建设、信息可得性与企业创新边界[J]. 中国工业经济，2023(1)：57-75.
[19] HIDALGO C A，KLINGER B，BARABÁSI L. et al. The product space conditions the development of nations[J]. Science，2007，317(583)：482-487.
[20] ZHAO S，WANG L，ZHANG Y. Digital transformation and firm performance：The moderating role of digital capability[J]. Journal of Business Research，2021，139：1505-1515.
[21] 马海燕，黎玉杰，周天怡. 企业数字邻近对创新绩效的影响——高管特质的调节作用[J]. 科技进步与对策，2024，41(24)：1-11.
[22] 黄勃，李海彤，刘俊岐，等. 数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J]. 经济研究，2023，58(3)：97-115.
[23] 郭明杰，马君，田慧荣. 企业数字创新的中层阻力：数字技术应用动了我的“奶酪”[J]. 科技进步与对策，2025，42(7)：139-149.
[24] 李琦，黄怡丹. 企业数字鸿沟对双元创新的影响研究——供应链韧性的调节作用[J]. 软科学，2025，39(6)：118-126.
[25] 余义勇，杨忠. 动态情境下企业如何克服组织惰性以实现持续成长？——基于“情境—认知—行动”分析框架[J]. 管理世界，2022，38(12)：159-177.
[26] 李晓燕，钱婧，孙瑞彬. 数字化转型中的组织惰性——高管认知的作用[J]. 管理科学学报，2023，26(11)：81-101.
[27] TEECE D J，PISANO G，SHUEN A. Dynamic capabilities and strategic management[J]. Strategic Management Journal，1997，18(7)：509-533.
[28] 吴非，胡慧芷，林慧妍，等. 企业数字化转型与资本市场表现：来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界，2021，37(7)：130-144.
[29] HELFAT C E，PETERAF M A. The dynamic resource-based view：Capability lifecycles[J]. Strategic Management Journal，2003，24(10)：997-1010.
[30] TEECE D J. Explicating dynamic capabilities：The nature and micro-foundations of (sustainable) enterprise performance[J]. Strategic Management Journal，2007，28(13)：1319-1350.
[31] 徐细雄，段玲玲，林翠梁，等. 数字化进程与企业风险防御：基于动态能力理论视角[J]. 外国经济与管理，2023，45(8)：51-67.
[32] RIALTI R，MARZI G，CIAPPEI C，et al. Big data and dynamic capabilities：A bibliometric analysis and systematic literature review[J]. Management Decision，2019，57(8)：2052-2068.
[33] BERGER A N，GLEISNER S. Information asymmetry and financing constraints[J]. Journal of Financial Economics，2022，143(2)：456-478.
[34] 高航，周明生. 数字化转型何以提升企业韧性——基于动态能力理论和企业技术应用情境的考察[J]. 科学管理研究，2024，42(3)：53-65.
[35] 肖静华，曹望华，夏正豪. 制造业企业数字化转型的适应性变革：跨越与强基双路径[J]. 中国工业经济，2024(12)：136-154.
[36] WU L，LOU B，HITT L. Data analytics supports decentralized innovation[J]. Management Science，2019，65(10)：4863-4877.
[37] 杨虎涛，胡乐明. 不确定性、信息生产与数字经济发展[J]. 中国工业经济，2023(4)：24-41.
[38] PENG Y，TAO C. Can digital transformation promote enterprise performance? From the perspective of public policy and innovation[J]. Journal of Innovation & Knowledge，2022，7(3)：100198.
[39] 赵炎，齐念念，阎瑞雪，等. 结构嵌入、吸收能力与企业持续性创新：来自高新技术企业联盟创新网络的证据[J]. 管理工程学报，2023(4)：85-98.
[40] 吴中超. 基于随机前沿的区域创新绩效研究：创新网络结构视角[J]. 技术经济，2020，39(4)：120-131.
[41] 李琦，刘力钢，邵剑兵. 创业导向与企业高质量发展——数字化转型和内部控制有效性的调节作用[J]. 研究与发展管理，2024，36(2)：180-194.
[42] 叶陈刚，裘丽，张立娟. 公司治理结构、内部控制质量与企业财务绩效[J]. 审计研究，2016(2)：104-112.
[43] MARTIN R，GARDINER B. The resilience of cities to economic shocks：A tale of four recessions[J]. Papers in Regional Science，2019，98

(4): 1801-1832.
[44] MARTIN R. Regional economic resilience, hypothesis and recessionary shocks[J]. Journal of Economic Geography, 2011, 12(1): 1-32.
[45] HUNDT C, HOLTERMANN L. The role of national settings in the economic resilience of regions: evidence from recessionary shocks in Europe from 1990 to 2014[J]. Growth and Change, 2020, 51(1): 180-206.
[46] 段娟, 文余源, 王少龙. 邻近性、技术关联与京津冀城市群产业结构路径演化[J]. 经济与管理, 2024, 38(6): 9-19.
[47] 马海燕, 黎玉杰, 周天怡. 企业数字邻近对创新绩效的影响——高管特质的调节作用[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(24): 1-11.
[48] 黄先海, 孙涌铭, 陈梦涛. 企业数字化转型与颠覆性技术创新——来自专利网络与 SBERT 模型的微观证据[J]. 中国工业经济, 2024(10): 137-154.
[49] 辛清泉, 孔东民, 郝颖. 公司透明度与股价波动性[J]. 金融研究, 2014(10): 193-206.
[50] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999—2007[J]. 经济学(季刊), 2012, 11(2): 541-558.
[51] RAHMATI P, TAFTIAL, WESTLAND J. When all products are digital: Complexity and intangible value in the ecosystem of digitizing firms[J]. MIS Quarterly, 2021, 45(3): 1025-1058.
[52] LIND T J, MEHLVM H. With or without U? The appropriate test for a U-shaped relationship[J]. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 2010, 72(1): 109-118.
[53] HANNS R F J, PIETERS C, HE Z L. Thinking about U: Theorizing and testing U- and inverted U-shaped relationships in strategy research[J]. Strategic Management Journal, 2016, 37(7): 1177-1195.
[54] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.

Empowering Effect Research of Digital Proximity on the Innovation Resilience of Industrial Enterprises in China

Zhao Qiaozhi, Zhang Chunyu
(Department of Economics and Management, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Simulating the innovation resilience of industrial enterprises is an important direction for China to strengthen its innovation system's sustainable capacity. With A-share listed industrial enterprises as research sample from 2013 to 2023, digital proximity degree was constructed based on multidimensional proximity theory and product space theory firstly, and then panel data econometric model was utilized to explore the influential mechanism and mediating effect of digital proximity on innovation resilience. Results are as follows. Firstly, digital proximity's empowering effect shows such U-shaped curve which the turning point is 0.551. Moreover, it remains robustness in a series of robust tests. Secondly, digital proximity's empowering effect indicates significant heterogeneity. Concerning regional heterogeneity, these effects are U-shaped curve for both eastern and central enterprises while it shows weak and not significant. Meanwhile, for state-owned and non-state-owned enterprises, they both show U-shaped curves and the turning point of state-owned enterprises is slightly more than that of non-state-owned enterprises. The turning point for large-scale enterprises is lower than that of small and medium-sized ones. For higher financing-constraint enterprises, it is lower than that of lower financing-constraint ones. The moderating effect of corporate internal control quality is non-negligible. Thirdly, among the four mediating effects of dynamic capacity, two of them (OPEN and MAR) are positive mediating effects while the other twos (TFP_OP and Spill) indicate negative effects. Therefore, emphasis should be placed on the optimization of digital proximity mechanism in the digitalization process of industrial enterprises and the positive empowering pathways of digital proximity to enhance innovation resilience through dynamic capabilities, which provides new driving forces for stimulating the technological innovation resilience capacity of China's industrial enterprises.

Keywords: digital proximity; innovation resilience; empowering mechanism; panel data econometric model; dynamic capability theory